市街地における同時多発火災対応訓練シミュレーターの開発

Development of the training system for responding to simultaneous and multiple post-earthquake fire

細川直史[1]，座間信作[1]，遠藤真[1]，新井場公徳[1]，高梨健一[1]，
杉井完治[2]，佐々木克憲[3]，関澤愛[3]
Masafumi HOSOKAWA[1], Shinsaku ZAMA[1], Makoto ENDO[1], Kiminori ARAIBA[1],
Ken-ichi TAKANASI[1], Kanji SUGII[2], Katsunori SASAKI[3] and Ai SEKIZAWA[3]

[1]消防研究センター,
National Research Institute of Fire and Disaster,
[2]京都市消防局,
Kyoto City Fire Department,
[3]東京理科大学
Tokyo University of Science

There is a possibility that number of post-earthquake fires exceed that of fire engine equipped by the municipality in the affected area, when a disastroiuse earthquake occur. Furthermore, there are many obstructive factors for firefighting such as lack of water supply and the road closure by collapsed houses. However many commanders of firefighters do not have so much experience to operate fire engine in such difficult situation of simultaneous multiple fire. In this paper, we present the training simulator based on fire spreading prediction in order to make a study of effective dispatch of fire brigades for simultaneous and multiple post-earthquake fire.

Keywords *: urban large fire, simultaneous multiple fire, fire fighting, computer simulation, fire spreading*

１．はじめに

発生が危惧されている首都直下地震などの大規模地震では，大きな揺れとそれによる建物の倒壊や液状化などの被害が想定されている[1,2]．地震発生後に同時多発する火災の発生件数については，その地域を管轄する消防の部隊数を上回る可能性があり，さらに，消防車両が火災現場に駆け付けるための道路の閉塞や消防水利の不足など，消火活動を阻害する要因が震災時には多く存在する．さらに，たとえ現場経験が豊富な消防職員であっても，同時多発かつ大規模な市街地炎上火災に対応した経験者は少ないという課題もある．このような困難な状況においても，消防は，人命や財産を守るという使命のもと，決して十分とはいえない消防力で対応しなければならない．そこで，消防研究センターでは，消防力の効率的な運用に資する消防活動支援情報を提供することを目的として，延焼予測シュミレーションと消防力運用シミュレーションから成る消防力運用支援に関する研究開発を行っている．本稿では，この延焼予測シュミレーションを応用した同時多発火災対応訓練シミュレーターについて報告する．

２．延焼予測シミュレーションの概要

本システムは，市街地における建物間の距離，風向や風速などの条件から，火災発生から一定時間後の延焼状況を予測することが可能なシステムであり，主な特徴は以下のとおりである．

(1)都市計画図や住宅地図の建物データを活用することにより、１棟１棟ごとの延焼予測が可能である．また、隣接建物への延焼に寄与する木造家屋と，そうでない耐火造建物の設定が可能となっている．

(2)リアルタイム延焼予測が可能である．図１に示すように，延焼経路を事前計算により求めておくことで高速化をはかっている．それにより，延焼予測の開始後に速やかに結果を出力可能で，システムを使った対話的な訓練が可能となる．

(3)出火点を複数設定可能であり，震災時の同時多発火災の発生を想定した延焼予測が可能である．

(4)消防力投入を示す延焼阻止線の入力が可能で，消防力の効果を可視化・評価できる．

(5)時間経過に伴う火災延焼範囲の予測が可能で、延焼範囲の周囲長の推移に基づき，消火に必要な部隊数の算定が１０分ごとに可能である．

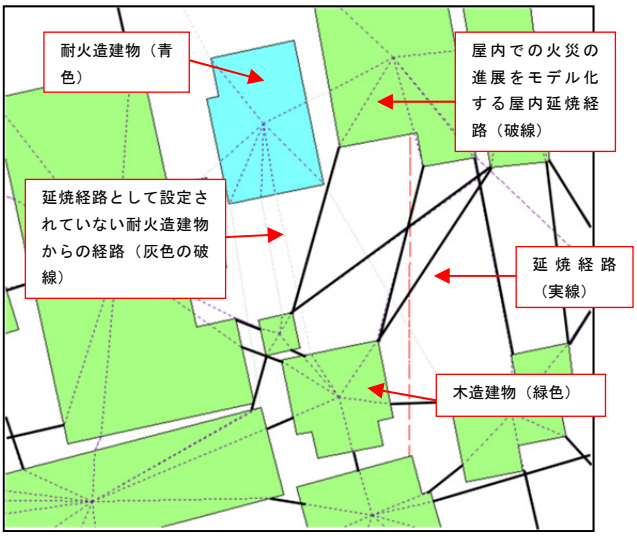

図１　建物データと延焼経路の表示

図 2 に，システムの画面構成を示す．(a)は延焼予測が可能な範囲の全体地図と出火点の分布を表示するウインドウ，(b)は出火点数や風速などのパラメータの設定ウインドウ，(c)は予測結果の表示ウインドウを示す．

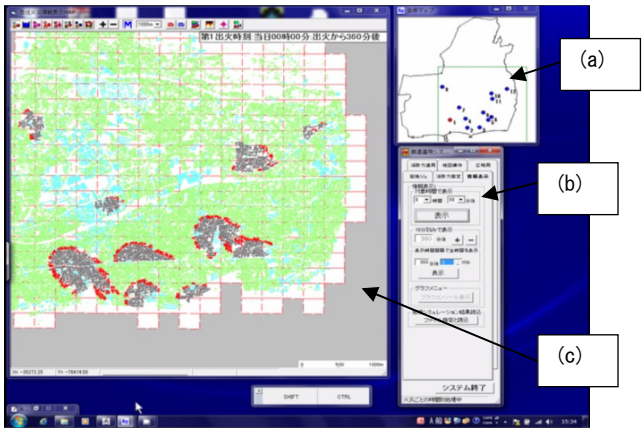

図 2　システムの画面構成

３．延焼予測の実行例

図 3～図 9 は，以下の条件でおこなった延焼予測結果を，1 時間ごとに示したものである（システムとしては，10 分間隔で表示可能である）．

① 火件数：1 件，②風速：11m/s，風向：北西，
③予測時間：6 時間，1 家屋の焼け落ち時間は 60 分 (焼け落ち後は延焼しない)

炎上中の建物と焼け落ちた建物は，それぞれ図 5 で示すように色分け表示され，時間ごとに，どの方向への延焼が進んでいるかを可視化可能である．

5 時間後（図 8）の状況は，北方向への延焼は，道路などの空地による焼け止まり，南側への延焼範囲が赤く表されて，南方向への延焼が進んでいることを示している．

図 9（6 時間後）の場合は，延焼経路を延焼家屋と同時に表示したもので，炎上中の建物が，どの経路から延焼に至ったかを見ることが出来る．特に，図 9 中に矢印で示した延焼経路は，1 棟からの延焼がその後の数十棟の延焼に進展しており，延焼阻止を行う場合において，防御すべき重要箇所を示している．

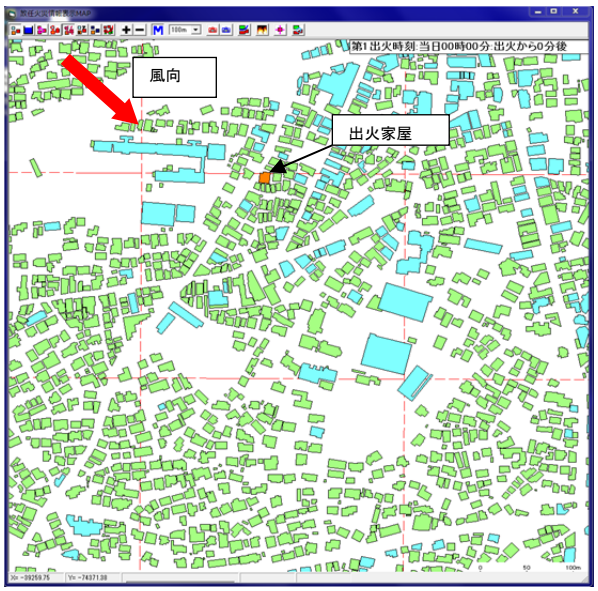

図 3　出火家屋の表示

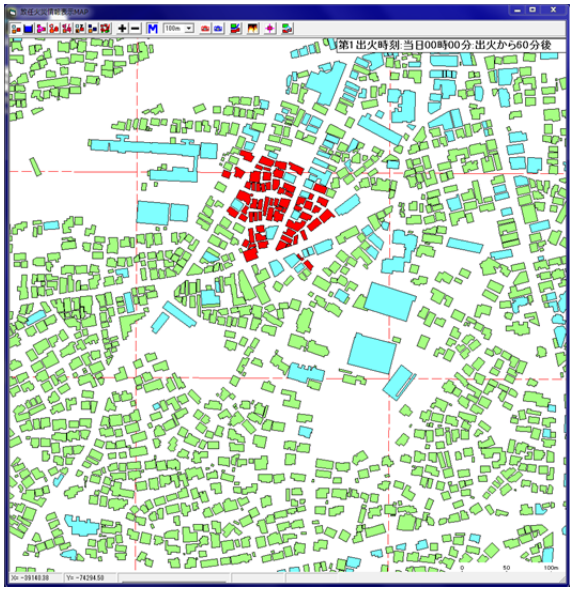

図 4　1 時間後

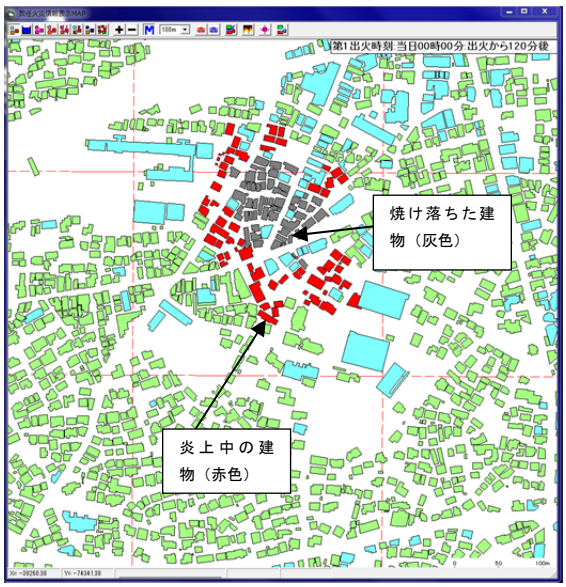

図 5　2 時間後

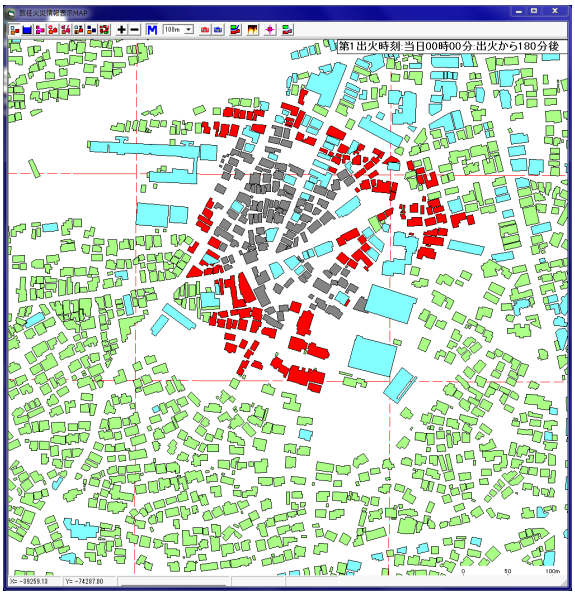

図 6　3 時間後

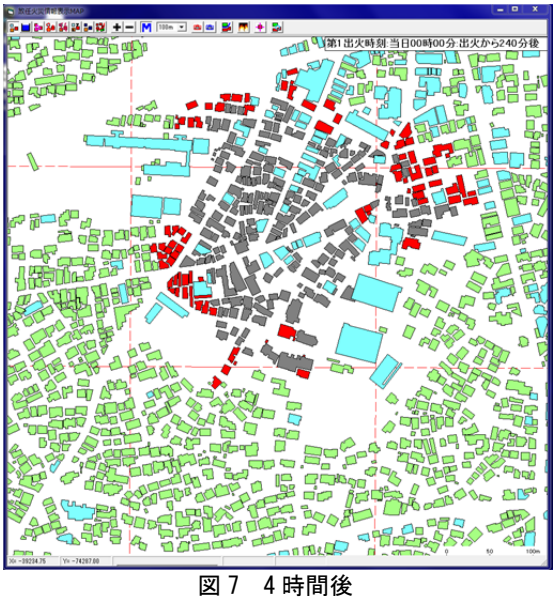

図 7　4 時間後

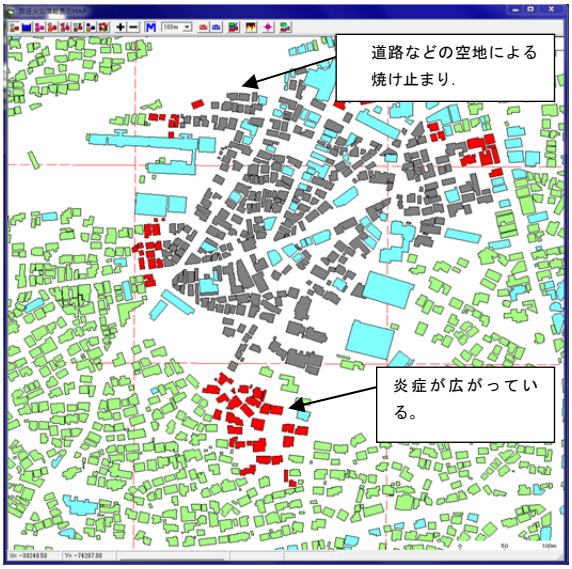

図 8　5 時間後

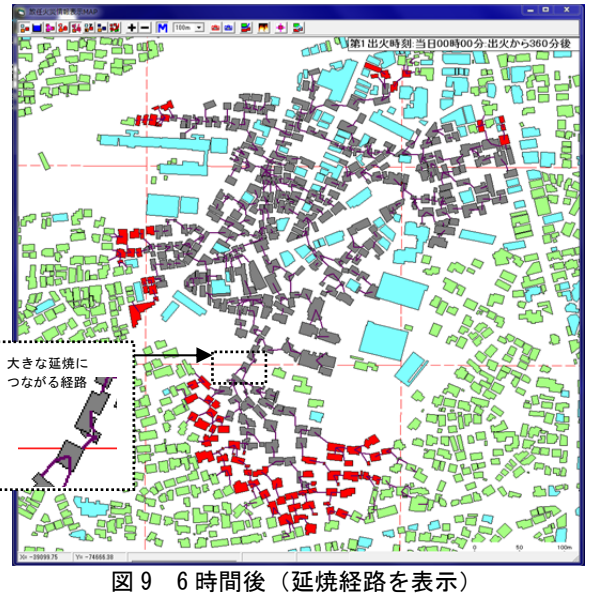

図 9　6 時間後（延焼経路を表示）

図 10　延焼阻止線の効果（6 時間後の表示）

図 10 は，消防活動を行った場合を想定して，図 9 で示した場所に延焼阻止線を設定し，消防力を投入した結果について，シミュレーションを実行した結果である．図 9 と比較して，破線で示すエリアの延焼阻止の効果が確認できる．

4．同時多発火災の延焼予測

図 11 の予測結果は，12 箇所の出火点を設定し，北西の風，風速 12m/s，出火出荷後 6 時間後の延焼状況を表示したものであるが，同じ時刻に出火した場合であっても，市街地特性によって，各出火による延焼範囲は異なっていることがわかる．さらに，システムでは，図 12 に示すように，延焼シミュレーション結果を基に，延焼範囲の大きさを示す火面長や消火に必要な消防隊数などを 10 分ごとに算定し，グラフ表示することが出来る．これらの結果から，出火点ごとの延焼危険や時間経過に伴う火災範囲の評価が可能であり，優先的に部隊配備すべき火災現場の選定や必要部隊数の検討に利用することが可能となっている．

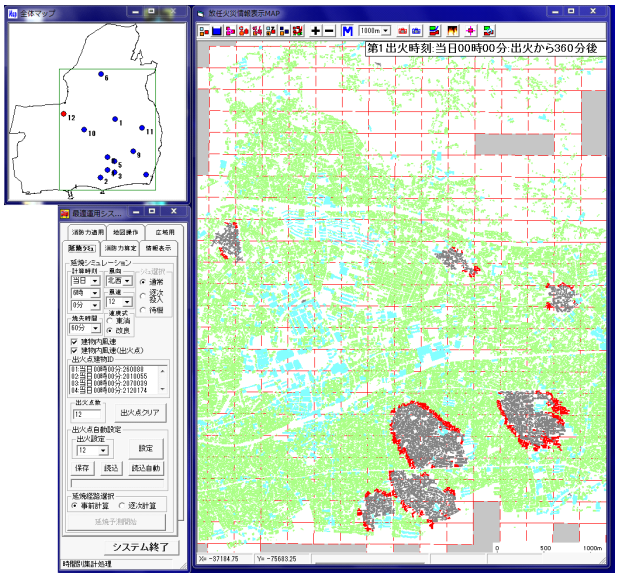

図 11　同時多発火災の延焼予測結果

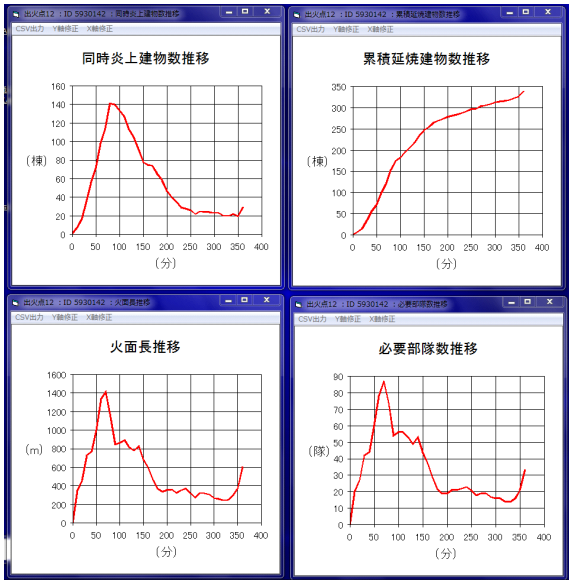

図 12　火面周長などの推移のグラフ表示

5．ユーザインタフェースの開発

延焼シミュレーションを，地震後の同時多発火災の評価や，消防部隊の配備の検討に活用してもらえるように，電子ペンと短焦点型液晶プロジェクターを活用した，操作用のインタフェースの開発(図 13)を行っている．マウスによるクリックやドラッグ操作を，電子ペンで実行できるようにしたもので，延焼阻止線設定などに求められる精度の高い座標入力と，机上へ投影した地図画面への操作を可能としている(図 14)．

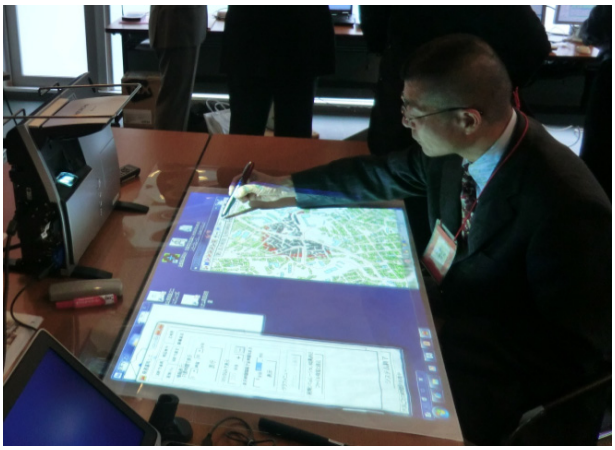

図 13　シミュレーターの操作の様子

6．おわりに

同時多発火災対応訓練シュミレータは，普段は経験できない震災火災の状況を，高速の延焼シミュレーションによって表現し，部隊配備や消火戦術の検討に利用されることを目標に開発が行われている．今回紹介したシステムは，そのプロトタイプであり，今後は，図 15 に示すように，消防学校における火災や救急・救助事案に対する初動の消防隊運用の検討や，隣接県ならびに国への応援要請を検討する災害時図上演習などに活用してもらえるように，現在，改良と開発をすすめている．

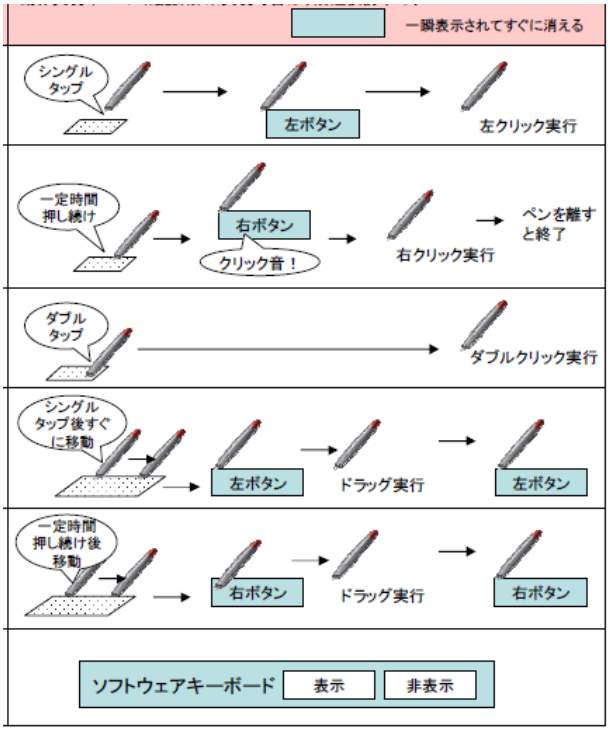

図 14　電子ペンの機能

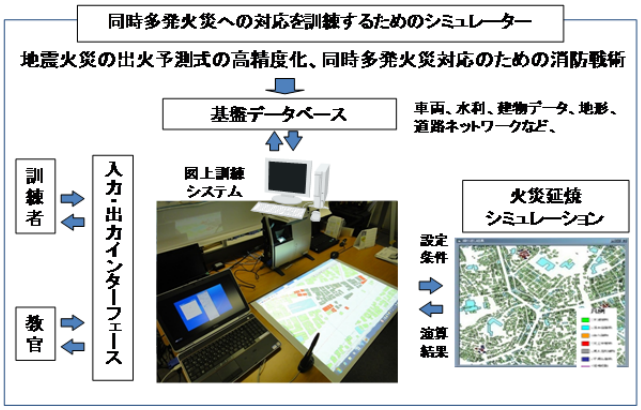

図 15　訓練シュミレータの概要

参考文献

[1] 東京都，首都直下地震等による東京の被害想定（平成24年4月18日公表）
http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/assumption_h24.html

[2] 内閣府，南海トラフの巨大地震モデル検討会，
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/nankai_trough_top.html

[3] 関澤愛，佐々木克憲，座間信作，遠藤真，阿部英樹，"広域応援部隊を考慮した消防力の最適配備支援システムに関する研究"，第27 回（2010 年度秋季）地域安全学会研究発表会，2010年5月